



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Eero Uusimaa

Ilmanvaihdon perusparannus päiväko- tikohteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Rakennusmestari, LVI (AMK)
Rakennusalan työjohto
Opinnäytetyö
28.4.2020

Tekijä Otsikko	Eero Uusimaa Ilmanvaihdon perusparannus päiväkotikohteissa
Sivumäärä Aika	26 sivua 28.4.2020
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaajat	lehtori Seppo Innanen
<p>Työn tarkoituksena oli kuvata päiväkotikohteiden ilmanvaihtosaneerausta ja lisäksi laatia ohje ilmanvaihtosaneerausta varten. Tavoitteena oli luoda yleinen ohje, jota voitaisiin käyttää monenlaisissa eri kohteissa. Tämän vuoksi ohje ei ole kovin yksityiskohtainen. Työn tilaajana toimi LVI-E. Uusimaa Oy.</p> <p>Työssä käytettiin lähteinä LVI-E. Uusimaa Oy:n työmailta kerättyä tietoa, asetuksia ja talotekniikkainfon ohjeita. Tutkimuksena tarkasteltiin asioita, jotka vaikuttavat sisäilmaongelman rakennuksen ilmanvaihtosaneerauksen onnistumiseen. Asetuksista ja ohjeista käytiin läpi asioita, joita työnjohtajan tulisi tietää ilmanvaihtosaneerausta johtaessaan.</p> <p>Laaditussa ohjeessa esitetään asioita, jotka tulisi ottaa huomioon sisäilmaongelman rakennuksen ilmanvaihtosaneerauksessa. Ohjeessa ei esitetä niinkään ratkaisuja ongelmiin vaan toimintatapoja hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi.</p> <p>Ohjeen tavoitteena on parantaa LVI-E. Uusimaa Oy:n toimintatapoja sisäilmakorjaus työmailla. Ohje antaa perustietoa siitä, kuinka sisäilmakorjaustyömaalla tulisi toimia ja mitä tulisi ottaa huomioon, jotta lopputulos olisi hyvä ja työ olisi kustannustehokasta.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihto, saneeraus, sisäilmaongelma, LVI

Author Title	Eero Uusimaa Ventilation Renovation in Nursery Schools
Number of Pages Date	26 pages 28 April 2020
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	HVAC Engineering
Instructors	Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to describe the ventilation renovation of nursery schools and, in addition, to make a guide for the ventilation renovation of a building with indoor air problems. The goal was a unique guide that could be used in a wide variety of construction sites. Therefore, the guide is not very detailed.</p> <p>Data collected from construction sites was used as a source for the project. The thesis concentrated on the issues that affect the success of the ventilation renovation of a building with indoor air problems. The guide covered the most important matters a foreman should know when supervising a ventilation renovation project.</p> <p>The guide discusses matters to be taken into account in renovating the ventilation of a building with indoor air problems. The guide does not so much present solutions to problems as suggest operating methods to ensure a good result.</p> <p>The guide allows the company to improve its operating methods in indoor air renovation sites. The guide provides basic information on how the indoor air renovation site should be operated and what should be considered in order to achieve the best possible end result and the work to be most cost-effective.</p>	
Keywords	ventilation, indoor quality, HVAC, air handling

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sisäilmaongelma	1
2.1	Mikä on sisäilmaongelma?	1
2.2	Rakenteellisista syistä johtuvat sisäilmaongelmat	2
2.3	Puutteellisesta ilmanvaihdosta aiheutuvat sisäilmaongelmat	3
2.3.1	Riittämätön ilmanvaihto	3
2.3.2	Ylipaineinen tai alipaineinen ilmanvaihto	3
2.3.3	Ilmanvaihdon äänenvaimentimista irtoavat kuidut ja hiukkaset	5
2.3.4	Oikosulkuvirtaus	6
2.3.5	Ilmanvaihtolaitteistoiden huollon laiminlyönnistä johtuvat ongelmat	6
2.4	Homeista ja kosteudesta aiheutuvat sisäilmaongelmat	6
2.4.1	Kosteuden kapilaarinen siirtyminen	7
2.4.2	Kosteuden painovoimainen siirtyminen	8
2.4.3	Kosteuden siirtyminen ilmavirran mukana	9
2.4.4	Kosteuden siirtyminen diffuusiolla	10
2.5	VOC-yhdisteet	10
2.6	Hiukkasmaiset epäpuhtaudet	10
2.7	Kaasumaiset epäpuhtaudet	11
3	Ilmanvaihtojärjestelmien ongelmia	11
3.1	Ongelmat painovoimaisessa ilmanvaihdossa	11
3.2	Koneellisen poiston ongelmat	11
3.3	Tulo- ja poistoilmanvaihdon ongelmat	12
4	IV-suunnittelu	12
4.1	IV-suunnittelun lähtötiedot	12
4.2	Energiatehokkuus	14
4.3	Vanhat rakennusmateriaalit	14
4.4	Suunnittelun lähtökohdat, asetukset ja ohjeet	14

4.5	Ilmamäärät	15
4.6	Tuloilmaluokat	17
5	Ilmanvaihtokoneet	19
5.1	Ilmanvaihtokoneen valinta	19
5.2	LTO-ratkaisut	21
5.2.1	Pyörivä lämmönsiirrin	21
5.2.2	Vastavirta- ja ristivirtakennot	21
5.2.3	Nestekiertoiset lämmöntalteenotot	22
6	Toimintaohjeita ilmanvaihtosaneeraukseen	22
6.1	Suunnittelun lähtötiedot	22
6.2	Ilmavirrat	22
6.3	Ilmanjako	23
6.4	Ilmanvaihtokoneet	23
6.5	Suunnitelmanmukaisuuden tarkistaminen	24
6.6	Huollon käytönopastus ja ohjeet	24
6.7	Puhtaus	24
7	Työskentely sisäilmakohteissa	25
8	Tarkasteltavissa kohteissa huomautetut ilmanvaihto ongelmat	25
9	Tarkasteltujen sisäilmakorjauskohteiden onnistuminen	25
10	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

Lyhenteet

LVI	lämpö, vesi, ilmanvaihto.
SFP	Specific Fan Power, ominaissähköteho
RAM	rakennusaikainen muutos rakennuslupa
VOC	haihtuva orgaaninen yhdiste

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata ilmanvaihdon perusparannusta päiväkohteissa ja sen erityispiirteitä sekä antaa ohjeita ilmanvaihtosaneeraukseen. Työn piti alun perin käsitellä ilmanvaihtosaneerausta sisäilmaongelmakohteissa, mutta lopputyössä käytettävän materiaalin saaminen sisäilmaongelmista osoittautui hankalaksi. Työn lähteenä on käytetty LVI-E. Uusimaa Oy:n urakoimia sisäilmaongelmaisia päiväkohteita, minkä vuoksi työssä käsitellään myös sisäilmaongelmia. Työssä käydään läpi ilmanvaihtosaneerauksen eri vaiheita, ongelmia ja ratkaisuja liittyen sisäilmaongelmiin rakennuksiin. Sisäilmakorjauksen jälkeen on tärkeää, että muiden korjattujen asioiden lisäksi myös ilmanvaihto toimisi moitteettomasti silloin, kun sisäilmaongelmalle altistuneiden tilojen käyttäjät palaavat takaisin tiloihin. Sisäilmakorjauksessa rakennuksesta tehdään usein entistä tiiviimpi, mikä korostaa entisestään ilmanvaihdon toimivuuden tarvetta. Opinnäytetyössä käytettiin lähteenä LVI-E. Uusimaa Oy:n urakoimia kohteita vuosilta 2019–2021.

Opinnäytetyön tilaajana toimi LVI-E. Uusimaa Oy. LVI-E. Uusimaa Oy on vantaalainen LVI-urakointiin erikoistunut perheyritys, jonka päätoimialana on liikekiinteistöjen ja asuinrakennusten LVIJ-saneeraus. Yritys on perustettu 1988, ja sen toimitusjohtajana toimii Katja Uusimaa. LVI-E. Uusimaa Oy:n liikevaihto oli vuonna 2019 noin 3,4 miljoonaa euroa.

2 Sisäilmaongelma

2.1 Mikä on sisäilmaongelma?

Sisäilmaongelmista puhutaan paljon, mutta usein on epäselvää, mitä sisäilmaongelma oikeasti tarkoittaa. Sisäilmaongelmalla tarkoitetaan rakennuksessa ilmenevää ongelmaa, joka aiheuttaa sisäilman epäterveellisyyden. Sisäilmaongelmaa ei välttämättä ole mahdollista havaita omin aistein, ja näin ollen monet sisäilmaongelmien aiheuttajat voivat olla täysin näkymättömiä ja hajuttomia. Sisäilmaongelma voi aiheutua monesta erisyystä, ja esimerkiksi mediassa yleisimmin esitetyt homeongelmat ovat vain pieni osa

oikeista sisäilmaongelmista. Osa sisäilmaongelmista johtuu ilmanvaihtoon liittyvistä syistä [1]. Päätekijä sisäilmaongelmissa on usein rakenteelliset tekijät. Eri ihmiset oireilevat eri tavoin erilaisten ongelmien takia, ja toiset eivät oireile ollenkaan. Tämä vaikeuttaa sisäilmaongelmien havaitsemista. Koska sisäilmaongelmia on niin monenlaisia, syyn löytäminen vaatii usein laajoja tutkimuksia, ja tutkimukset ovat usein hankalia ja monimutkaisia.

Sisäilmaongelmat ovat Suomessa hyvin yleisiä, jopa noin 40 % kyselyihin vastanneista kouluissa työskentelevistä ihmisistä kokee, että sisäilmaongelmat työpaikalla ovat aiheuttaneet terveydellistä haittaa. [2.]

Sisäilmaongelma on sisäilman laadussa ilmenevä ongelma, joka vaikuttaa rakennusta käyttävien ihmisten terveyteen. Sisäilmaongelmia on hyvin monenlaisia, ja niiden aiheuttamat oireet vaihtelevat suuresti.

Monesti sisäilmaongelmista puhutaan, vaikka kyse ei olisi sisäilmassa ilmenevistä epäpuhtauksista. Tällöin on kyse sisäilmahaitasta. Sisäilmahaittoja voivat olla esimerkiksi veto, alhainen tai vaihteleva huonelämpötila, kuiva ilma, tunkkaisuus tai epämiellyttävät hajut.

2.2 Rakenteellisista syistä johtuvat sisäilmaongelmat

Vanhojen rakennusten rakenteissa ilmenee usein kosteusvaurioita. Kosteusvauriot voivat aiheuttaa epäpuhtauksia sisäilmaan. Kyse on usein niin kutsutuista riskirakenteista. Riskirakenteilla tarkoitetaan rakenteita, jotka eivät toimi kosteufysikaalisesti oikein. Tällöin rakenne voi kastua ja homehtua. Tyypillisiä riskirakenteita ovat esimerkiksi valesokkelit sekä sisäpuolelta eristetyt lattiat ja kellarin seinät. Rakenteellisista syistä johtuva sisäilmaongelma voi johtua myös pintamateriaaleista, usein muovimatoista ja niiden liimoista. Uuden tai korjatun rakennuksen sisäilmaongelmien syynä ovat usein rakentamassa liian lyhyeksi jätetyt betonin kuivausajat, jolloin betoni on jäänyt liian kosteaksi. Betonin kosteus voi aiheuttaa vaurioita muihin rakennusmateriaaleihin. [3.]

Rakenteelliset sisäilmaongelmat voivat johtua myös ylläpidon laiminlyönnistä, esimerkiksi vuotava katto, tukkeutuneet tuuletusaukot rakenteissa ja salaojien tukokset.

Suomen vaihtelevassa ilmastossa rakennuksen ylläpito on erittäin tärkeää. Mikäli ylläpidosta ei huolehdita, aiheutuu rakennuksen käyttöiän aikana todennäköisesti jonkinasteinen sisäilmaongelma.

2.3 Puutteellisesta ilmanvaihdosta aiheutuvat sisäilmaongelmat

Puutteellisella ilmanvaihdolla tarkoitetaan riittämätöntä tai liian suurta ilmanvaihtoa. Lisäksi puutteellisella ilmanvaihdolla voidaan tarkoittaa sitä, että ilmanvaihtojärjestelmän ilma ei ohjaudu oikeille alueille (oleskeluvyöhyke).

Puutteellinen ilmanvaihto voi aiheuttaa sisäilmaongelmia. Riittämätön ilmanvaihto aiheuttaa hiilidioksidin ja ilman epäpuhtauksien nousua huoneilmassa. Riittämättömän ilmanvaihdon huomaa monesti jo ilman tunkkaisuudesta. Liian suuritehoinen ilmanvaihto voi aiheuttaa vedontunnetta tai ääniongelmia.

2.3.1 Riittämätön ilmanvaihto

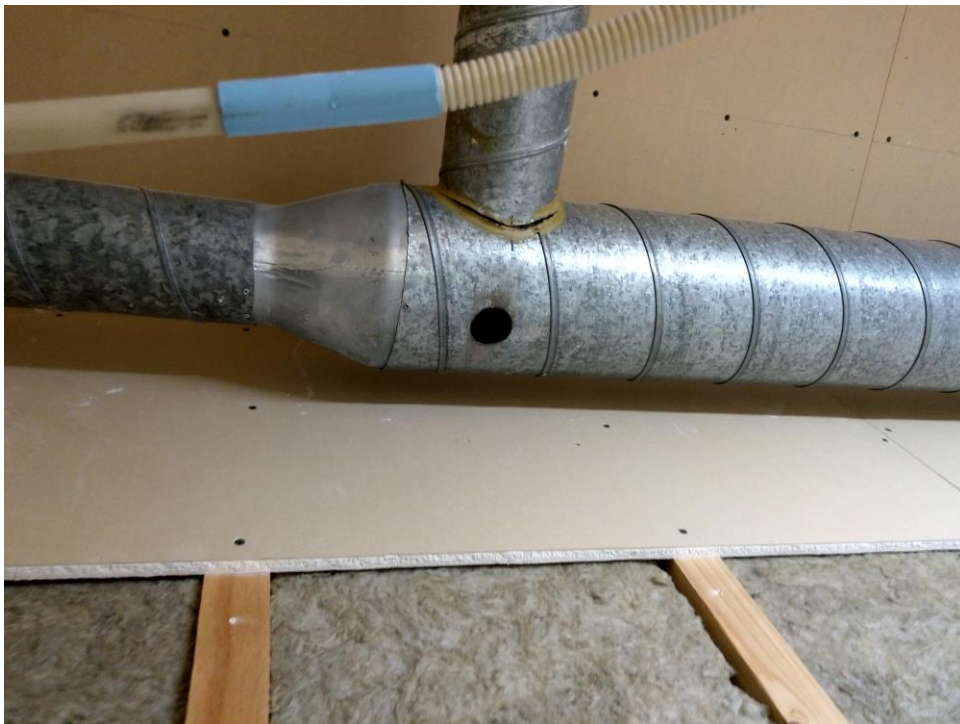
Riittämätön ilmanvaihto on usein ongelmana kohteissa, joissa on koneellinen poistoilmanvaihto tai painovoimainen ilmanvaihto. Koneellisen poiston ja painovoimaisen ilmanvaihdon kohteissa on monesti liian vähän raitisilmaventtiileitä, tai raitisilmaventtiilit on suljettu talvella, jotta kylmä ilma ei aiheuttaisi vedon tunnetta. Mikäli raitisilmaventtiilejä on koneellisella poistolla järjestetyssä ilmanvaihdossa liian vähän tai ne eivät muuten päästä tarpeeksi ilmaa rakennukseen, syntyy rakennukseen tai sen osaan alipaine. Riittämätön ilmanvaihto voi myös johtua väärästä ilmanvaihdon mitoituksesta esimerkiksi silloin, jos tilan ilmanvaihto on mitoitettu pienemmälle käyttäjämäärälle kuin tilan todellinen käyttäjämäärä on.

2.3.2 Ylipaineinen tai alipaineinen ilmanvaihto

Rakennuksen ollessa alipaineinen voi ilmaa imeytyä rakenteiden läpi, jolloin sisäilmaan voi päästä rakenteista epäpuhtauksia. Jos ilmanvaihto on koneellisessa tulo- poistojärjestelmässä säädetty ylipaineiseksi, tämäkin voi aiheuttaa sisäilmaongelmia. Rakennuksen ylipaineisuus voi aiheuttaa rakenteisiin sisäilman sisältämän kosteuden tiivistymistä,

joka taas puolestaan voi aiheuttaa mikrobikasvustojen syntymistä ja rakenteiden homehtumista. Ikkunoiden sisälasiin huurtuminen voi olla merkki ylipaineisesta ilmanvaihdosta. Ilmanvaihdon säädöt ei ole ainoa asia, joka vaikuttaa rakennuksen painesuhteisiin, myös esimerkiksi ilmanvaihtokanavien vuodot voivat aiheuttaa rakennuksen ali- tai ylipaineisuutta.

Kuvassa 1 on esitetty erään päiväkodin vuotava kanava. Kanavassa on reikä, lisäksi huonosti tehty T-liitos on rikkonut.



Kuva 1. Vuotava kanava eräässä päiväkodissa

Rakennuksen painesuhteeseen vaikuttaa myös eri ilmanvaihtojärjestelmien yhteistointa. Jos esimerkiksi jokin kohdepoisto menee päälle, tulisi kohdepoistosta poistettava ilmamäärä kompensoida tuomalla lisää tuloilmaa, tai vähentämällä poistoilmaa, joka poistuu muiden järjestelmien kautta. Tällaisia ratkaisuja tehdään esimerkiksi automaatioon liitettyjen ilmamääräsäätimien avulla. Kun automaatio huomaa kohdepoiston tai jonkin muun painetasapainoon vaikuttavan laitteen käynnistymisen, se sulkee tai avaa ilmamääräsäädintä tulo- tai poistokanavassa. Tällöin rakennuksen tai sen osan painesuhde pysyy oikeana.

Voimassa olevien asetusten ja ohjeiden mukaan ilmanvaihto tulisi säätää tasapainoon, eli tuloilmaa olisi johdettava rakennukseen yhtä paljon kuin poistoilmaa johdetaan rakennuksesta ulos. Paine-ero rakennuksen vaipan yli tulisi myös mitata, jotta varmistutaan että rakennus ei ole yli- tai alipaineinen. [4.]

2.3.3 Ilmanvaihdon äänenvaimentimista irtoavat kuidut ja hiukkaset

Vanhoissa ilmanvaihdon äänenvaimentimissa ja kammioissa käytetystä villaeristeestä voi irrota kanavassa virtaavaan ilmaan kuituja ja hiukkasia, jotka voivat kulkeutua huoneilmaan ilmavirtauksen mukana. Kuvassa 2 on esitetty tuloilmakammio, jonka rakenne on pelti-villa-reikäpelti. Villa toimii kammiossa äänieristeenä. Reikäpellin läpi villa pääsee leviämään virtaavan ilman mukana huonetiloihin.



Kuva 2. Kuva villaeristetyistä tuloilmakammioista

2.3.4 Oikosulkuvirtaus

Oikosulkuvirtauksella tarkoitetaan sitä, että ilma kulkee suoraan tuloilmaventtiilistä lähellä olevaan poistoilmaventtiiliin. Tällöin tuloilmaa ei saada johdettua sinne, missä sitä tarvitaan. Oikosulkuvirtausta voi välttää esimerkiksi sijoittelemalla venttiilit oikein sekä valitsemalla sellaiset tuloilmaventtiilit, joissa on oikeanlainen heittokuvio.

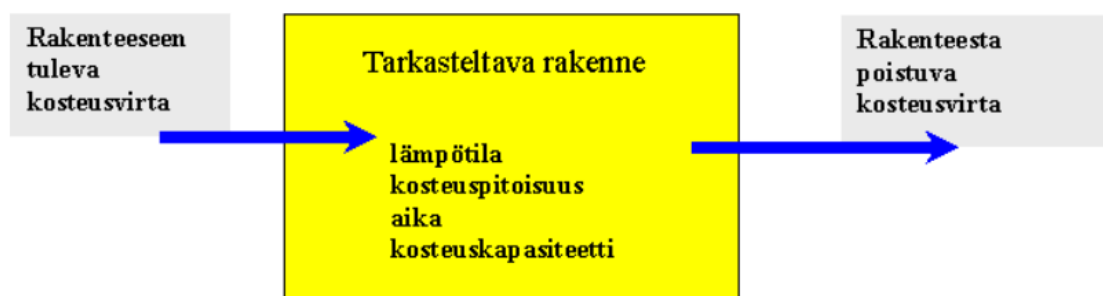
2.3.5 Ilmanvaihtolaitteistoiden huollon laiminlyönnistä johtuvat ongelmat

Ilmanvaihtolaitteiston huollon laiminlyönnistä aiheutuu ongelmia. Esimerkiksi suodattimien vaihtamatta jättäminen aiheuttaa ilmamäärien pientymistä, ja se voi tehdä rakennuksen ali- tai ylipaineiseksi, poisto- tai -tuloilmamäärän muuttuessa likaisen suodattimen takia. Ilmanvaihtolaitteistoja tulisi huoltaa säännöllisesti ja huoltoa tekevien henkilöiden tulisi olla päteviä, jotta huoltotöiden takia ei aiheutuisi ongelmia sisäilmalle. Huoltamatta jääneen ilmanvaihtojärjestelmän rikkoutunut puhallin voi aiheuttaa niin suuren ali- tai ylipaineen, että sisäilmaongelmia voi ilmetä jo lyhyessäkin ajassa. Ilmanvaihdon epätasapaino johtuu usein lauenneesta palopellistä. Useissa rakennuksissa palopelleille ei ole minkäänlaista indikointia, joka antaisi hälytyksen palopellin laukeamisesta. Lauenneen palopellin aiheuttama ongelma huomataan usein vasta huonosta sisäilman laadusta. Talotekniikkainfon ohjeessa sanotaan, että palopelleille on joko rakennettava viikahälytyksen antava automatiikka tai ne on koestettava vähintään puolen vuoden välein [4]. Palopeltien koestus laiminlyödään usein, vaikka se olisi tärkeä osa rakennuksen ylläpitoa.

2.4 Homeista ja kosteudesta aiheutuvat sisäilmaongelmat

Homeista ja kosteudesta aiheutuneet sisäilmaongelmat ovat viime vuosina olleet paljon esillä lehdistä ja televisiossa. Suomen ilmasto asettaa rakennuskannalle erityisiä vaatimuksia, koska vaihtelevat sääolosuhteet ja lämpötilat vaikuttavat laajasti esim. ilmanvaihtoon ja erilaisiin rakenteisiin. Ilmastomuutoksen edetessä sademäärät kasvavat ja ilman kosteus lisääntyy, mikä asettaa rakenteille lisää vaatimuksia kosteuden suhteen.

Kosteus rakenteissa voi aiheuttaa mikrobiologisia vaurioita (homehtuminen tai lahoaminen). Jos rakenteen kosteuspitoisuus on liian kauan liian korkea, voi syntyä kosteusvaurioita. Mitään yksiselitteistä vastausta siihen, kuinka kauan tai kuinka paljon rakenteet sietävät kosteutta, ei ole, koska erilaiset materiaalit kestävät kosteutta eri tavalla. Rakenteiden kosteuteen vaikuttaa moni tekijä, kuten rakenteeseen tuleva kosteusvirta, rakenteesta poistuva kosteusvirta, rakenteen kyky sitoa kosteutta sekä lämpötila. Kuvan 3 kuvaaja esittää kosteusvaurioitumisen periaatteen. [5.]



Kuva 3. Rakennuksien kosteusvaurioitumisen periaate [5.]

Kosteuspitoisuus rakenteissa johtuu pääosin neljästä asiasta: veden siirtymisestä painovoimaisesti ja kapilaarisesti, kosteuden siirtymisestä ilmvirran mukana ja kosteuden siirtymisestä diffuusiolla. Tyypillisin ongelma on veden valuminen painovoimaisesti paikkaan, josta sillä ei ole kunnollista ulospääsyä. [5.]

2.4.1 Kosteuden kapilaarinen siirtyminen

Kosteuden kapilaarisella siirtymisellä tarkoitetaan veden tai kosteuden liikkumista rakennusaineiden huokosissa kapilaarisen imun vaikutuksesta [6]. Ehkä helpoin tapa kuvata kapilaarista kosteuden siirtymistä on kastaa sokeripala kahviin, jolloin kahvi alkaa noustamaan kapilaarisesti sokeripalaan. Jotta kosteus ei pääsisi siirtymään rakenteissa, esimerkiksi pohjarakenteista seinärakenteisiin, käytetään kosteamman ja kuivemman rakenteen välissä kapilaarikatkoa.

Kapilaarinen kosteuden siirtymisen voimakkuus riippuu käytettyjen rakennusmateriaalien aineominaisuuksista. Eri rakennusmateriaaleille on määritetty omat

vedentunkeutumiskertoimet. Kuvassa 4 on esitetty taulukko tiettyjen rakennusmateriaalien vedentunkeutumiskertoimista. [7.]

Materiaali	Tiheys [kg/m ³]	Vedentunkeutumiskerroin [m/s ^{0.5}]
tiili	1700	1,4 x 10 ⁻³
kevytbetoni	500	0,4 x 10 ⁻³
sementtilaasti	1900	0,5 x 10 ⁻³
betoni, vss. 0,3	tieto puuttuu	0,14 x 10 ⁻³

Kuva 4. Rakennusaineiden kapilaarisia vedentunkeutumiskertoimia [7.]

Kun tiedetään materiaalin vedentunkeutumiskerroin (B) ja veden siirtymiseen käyttämä aika (t) voidaan laskea alla olevalla kaavalla 1 veden tunkeutumisvyvyys (X).

$$X = B\sqrt{t} \quad (1)$$

X on veden tunkeutumisvyvyys

B on vedentunkeutumiskerroin

t on aika (s)

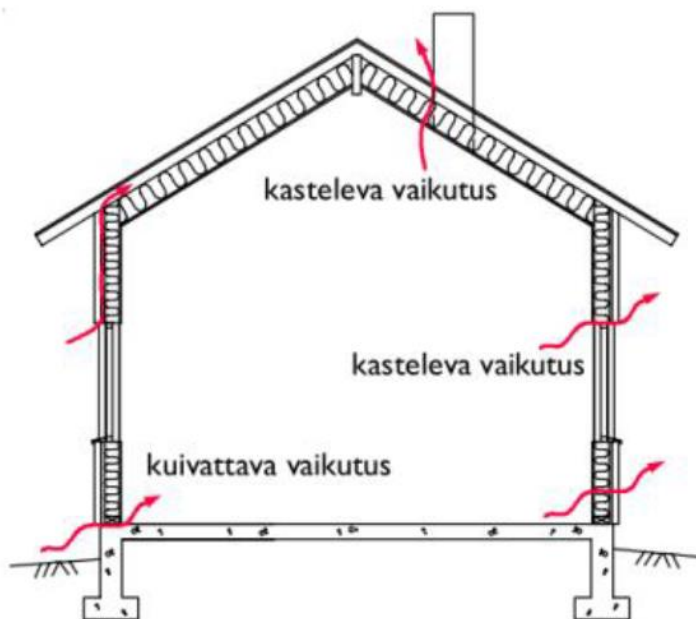
Veden kapilaarisesta siirtymisestä ei kuitenkaan ole rakennustekniikassa pelkkää haittaa. Esim. kattotiilet imevät kapilaarisesti niiden alle yöllä tiivistyneen kosteuden ja vapauttavat sen sitten yläpohjan tuuletuksen avulla. [7.]

2.4.2 Kosteuden painovoimainen siirtyminen

Kosteuden painovoimaisella siirtymisellä tarkoitetaan veden tai kosteuden siirtymistä painovoiman johdosta alaspäin [6]. Painovoimainen veden siirtyminen aiheuttaa ongelmia rakennuksessa, mikäli veden poisjohtamisesta ulospäin rakennuksesta ei ole huolehdittu, tai mikäli rakennuksen ulkopintojen vesitiiveys ei ole kunnossa. Tällöin esimerkiksi sadevesi tai maaperässä valuva vesi voi päästä kulkeutumaan rakenteisiin. [7.]

2.4.3 Kosteuden siirtyminen ilmavirran mukana

Kosteuskonvektiolla eli kosteuden siirtymisellä ilmavirran mukana tarkoitetaan ilmavirrausten mukanaan kuljettamaa kosteutta [6]. Mikäli ilma virratessaan rakenteiden läpi viilenee, voi ilmavirrassa oleva kosteus tiivistyä rakenteisiin. Mikäli ilma lämpenee virratessaan rakenteiden läpi, voi kosteuskonvektio kuivata rakenteita. Kuvassa 5 on esitetty kosteuskonvektion kastelevia ja kuivattavia vaikutuksia. [7]



Kuva 5. Konvektion vaikutus rakenteiden kastumiseen ja kuivamiseen. [7.]

Mitä ilmatiiviimpi rakennus on ja mitä vähemmän on paine-eroa rakennuksen vaipan yli sitä pienempi on riski kosteuskonvektion aiheuttamille ongelmille. Kosteusvaurioriski muodostuu siinä tapauksessa, että rakenteen lämpimämpi puoli on ylipaineinen, jolloin lämmin ilma jäähtyy virratessaan rakenteen läpi.

2.4.4 Kosteuden siirtyminen diffuusiolla

Kosteus siirtyy diffuusion avulla suuremmasta kosteuspitoisuudesta pienempään. Mitä suurempi kosteusero on, sitä suurempi ja voimakkaampi on myös diffuusiovirtaus. Diffuusiovirtaus tapahtuu yleensä rakennuksissa sisältä ulospäin, koska sisäilma on yleensä ulkoilmaa kosteampaa. Diffuusio aiheuttaa kosteusvaurioriskin esim. silloin, kun kylmällä ilmalla kosteaa sisäilmaa virtaa rakennuksen rakenteisiin ja kosteus alkaa tiivistymään rakenteiden sisään. [6.]

Erilaiset rakennusmateriaalit päästävät erimääriä vesihöyryä lävitse, tätä kutsutaan vesihöyrynläpäisevyydeksi. Toisilla rakennusmateriaaleilla on erittäin hyvä vesihöyrynläpäiseväisyysvastus, esimerkiksi 0,2 mm:n PE-kalvon höyrynvastus voi olla yli tuhatkertainen 13 mm:n kipsilevyyn verrattuna. [7.]

2.5 VOC-yhdisteet

VOC-yhdisteiksi kutsutaan haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ja niitä on satoja erilaisia. VOC-yhdisteitä ovat esimerkiksi aromaattiset hiilivedyt, halogenoidut yhdisteet, aldehydit, alkoholit ja esterit. Varsinkin useamman VOC-yhdisteen yhteisvaikutuksen epäillään olevan terveydelle haitallista. VOC-yhdisteitä voi haihtua rakennus- ja sisustusmateriaaleista ja pesuaineista, jotka sisältävät yllä mainittuja aineita ja joissain tapauksissa mikrobikasvustoista. Hyvä ilmanvaihto vähentää VOC-hiukkasten määrää sisäilmassa. [8.]

2.6 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Hiukkasmaisia epäpuhtauksia ovat hiukkaset, joita ihminen hengittää sisäilman mukana. Hengitettävien pienhiukkasten koko on yleensä alle 10 µm. Pienhiukkaset, joita sisäilmassa esiintyy, ovat yleensä peräisin ulkoilmasta, esimerkiksi taajama-alueella suureksi osaksi liikenteestä. Hiukkasmaisia epäpuhtauksia ovat esimerkiksi, huonepöly, epäorgaaniset kuidut, asbesti, mikrobit ja allergeenit. Vanhoista ilmanvaihdon ää-nenvaimentimista voi irrota villakuituja, jotka ilmanvaihtokanavaa pitkin kulkeutuvat

sisäilmaan. Villan ja muiden epäorgaanisten kuitujen määrää huoneilmassa voidaan helposti seurata, ottamalla näyte ja toimittamalla se laboratorioon tutkittavaksi. [8.]

2.7 Kaasumaiset epäpuhtaudet

Kaasumaisia epäpuhtauksia huoneilmassa ovat esim. tupakansavu, radon, VOC-yhdisteet, formaldehydi ja hiilidioksidi [8].

3 Ilmanvaihtojärjestelmien ongelmia

3.1 Ongelmat painovoimaisessa ilmanvaihdossa

Painovoimaisen ilmanvaihdon suurin ongelma on se, että sen toimivuus riippuu ulkona vallitsevista sääoloista. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate perustuu lämpötilaeron ja tuulen aiheuttamaan ilman liikkeeseen. Mikäli ulkoilman ja sisäilman välinen lämpötilaero ei ole tarpeeksi suuri, jää ilmanvaihto painovoimaisessa järjestelmässä riittämättömäksi. Painovoimainen ilmanvaihto vaatii toimiakseen paljon riittävän kokoisia korvausilmareittejä, ja usein painovoimaisella järjestelmällä varustettujen rakennusten korvausilmareitit ovat riittämättömiä.

Painovoimainen ilmanvaihto toimii talvipakkasilla tietyissä olosuhteissa väärinpäin. Pakasilman valuessa painovoimaisen poiston piippua pitkin alas alkaa järjestelmä virrata vastakkaiseen suuntaan kuin on tarkoitettu. Vastakkaiseen suuntaan virratessa pysynousuun poistoilman mukana levinneet epäpuhtaudet saattavat kulkeutua ilmapirran mukana huoneilmaan.

3.2 Koneellisen poiston ongelmat

Koneellinen poistoilmanvaihto tekee rakennuksesta alipaineisen. Mikäli korvausilman saannista ei ole huolehdittu tarpeeksi hyvin tai esimerkiksi korvausilmaventtiileiden suodattimet ovat likaantuneet ja eivät päästä ilmaa virtaamaan tarpeeksi vapaasti, voi

alipaine vetää likaista ilmaa rakennuksen rakenteiden läpi. Koneellisella poistolla varustetuissa rakennuksissa tulee myös helposti vedon tunnetta korvausilman tullessa lämmittämättömänä sisään. Sisäilmakorjausta tehdessä rakenteita usein tiivistetään, jolloin ilman virtaus rakenteista alipaineiseen rakennukseen vähenee. Sisäilmakorjauksen yhteydessä olisi hyvä tarkistaa korvausilmaventtiilien määrä ja tarvittaessa lisätä niitä. Toinen vaihtoehto asentaa rakennukseen tulo- poistoilmanvaihtojärjestelmä.

3.3 Tulo- ja poistoilmanvaihdon ongelmat

Tulo- ja poistoilmanvaihdon ongelmat johtuvat usein huollon puutteesta, huonosta suunnittelusta tai asennusvirheistä. Suunnitteluun liittyviä virheitä ovat mm vääränkokoiset ilmapirrat ja vääränlainen ilmanjako. Esimerkkinä huonosta suunnittelusta voi pitää suunnitelmaa, jossa huoneen tulo- ja poistoilmaventtiilit ovat lähellä toisiaan ja tuloilman päätelaitteeksi on valittu malli, jossa ei ole oikeanlaista heittokuviota. Tällöin tuloilmaa ei puhalleta oleskeluvyöhykkeelle, vaan ilma liikkuu suoraan tuloilmapäätelaitteesta poistoilmapäätelaitteeseen.

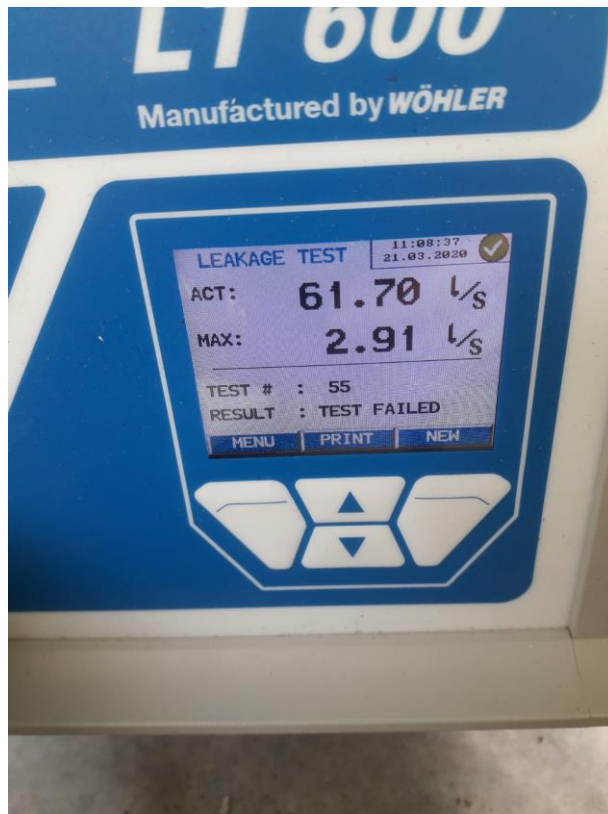
4 IV-suunnittelu

4.1 IV-suunnittelun lähtötiedot

IV-suunnittelu aloitetaan yleensä vanhojen ilmanvaihtopiirustusten pohjalta. Tätä työtä varten tarkastelluilla työmailla huomasimme, että vanhat piirustukset eivät olleet paikaansa pitäviä. Joissain kohteista oli tehty muutostöitä, joita ei ollut päivitetty piirustuksiin tai toteutus oli tehty eri tavalla kuin piirustuksissa. Tästä huomaa niin sanottujen punakynäpiirustusten tärkeyden, eli muutoksien merkitsemisen loppupiirustuksiin. Vanhojen asennuksien suunnitelmanmukaisuus olisi hyvä selvittää siltä osin, kuin sen voi rakenteita purkamatta tehdä ennen suunnittelun aloittamista.

Ennen remonttia mitatut ilmamäärät antavat suunnittelijalle hyvän kuvan vanhojen kanavien ja ilmanvaihtokoneen toiminnasta. Näiden perusteella suunnittelijan on helpompi tehdä päätöksiä esim. siitä, että tarvitseeko ilmanvaihtokonekone ja kanavistot uusia.

Vanhojen kanavistojen painekokeilla voi selvittää vanhan kanaviston kuntoa ja todeta mahdolliset vuodot. Joissain kohteissa tämän opinnäytetyön tekemisen aikana, vanhat säästettäväksi tarkoitetut kanavat olivat erittäin huonokuntoisia. Tämän lisäksi kanavat vuotivat niin paljon, että oli kustannustehokkaampaa uusia kanavistosta osio, jossa vuotoja ilmeni. Kuvasta 4 huomaa runsaasti vuotavan kanaviston koepaineen tuloksen. Kuvan kanavisto vuotaa 61,70 l/s, kun tiiveysluokan C sallima maksimivuoto olisi 2,91 l/s.



Kuva 6. Kuva erään päiväkodin vanhan kanaviston painekokeesta.

Kanavistosta löytyi painekokeen jälkeen kokonaan irti oleva ilmanvaihtokanavan liitos.

4.2 Energiatehokkuus

Vaikka ilmanvaihtosaneeraus tehtäisiin sisäilmaongelman takia, tulee energiatehokkuutta parantaa, jos ympäristöministeriön asetuksen 4/13 ehdot täyttyvät. Asetuksen ehdot täyttyvät saneerauksen ollessa rakennus- tai toimenpideluvanvarainen. Asetuksen vaatimus ei koske tiettyjä suojeltuja rakennuksia, pieniä alle 50m² rakennuksia, loma-asuntoja ilman lämmitysjärjestelmiä, tuotantorakennuksia tietyin edellytyksin ja uskonnolliseen toimintaan ja hartauden harjoittamiseen käytettäviä rakennuksia. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 45 %. Koneellisen poistoilmanvaihdon ominaissähköteho (SFP) saa olla enintään 1 kW/(m³/s). Tulo- poisto ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho (SFP) saa olla enintään 1,8 kW/(m³/s). Ympäristöministeriön asetus 4/13 määrittää myös sen, että ikkunoiden energiatehokkuutta tai ilmanvaihtoa parannettaessa on varmistettava ilmanvaihdon ja lämmityksen energiatehokas toiminta sekä tehtävä näille järjestelmille tasapainotus ja säätö. Todennus näistä toimenpiteistä pitää esittää rakennusvalvonnalle loppukatselmuksen yhteydessä. [9.]

4.3 Vanhat rakennusmateriaalit

Vanhoissa äänenvaimentimissa ja kammiossa saattaa olla villaa, josta irtoaa kuituja. Äänenvaimentimien eristemateriaali ei aina ole suunnittelijalla tiedossa ennen purkutöiden aloittamista, koska äänenvaimentimet usein sijaitsevat sellaisissa paikoissa, joista niitä ei pääse tutkimaan alakattoja tai muita rakenteita purkamatta. Raitisilmakammioiden materiaalin pääsee yleensä helposti tutkimaan rakenteita purkamatta.

4.4 Suunnittelun lähtökohdat, asetukset ja ohjeet

Ilmanvaihdon suunnittelussa sovelletaan ympäristöministeriön asetuksia ja Talotekniikkainfon ohjeita. Näiden lisäksi on olemassa erillisiä ohjeita esim. oppaita ilmanvaihdon mitoitukseen. Talotekniikkainfosivustolla on kaksi opasta ilmanvaihdon mitoitukseen, toinen opas kattaa asuinrakennukset ja toinen muut kuin asuinrakennukset. [4.]

4.5 Ilmamäärät

Sisäilmastoluokitus 2018 määrittelee sisäilmaluokat S1, S2 ja S3. Luokalla S2 tarkoitetaan hyvää sisäilmastoa. Luokalla S1 tarkoitetaan yksilöllistä sisäilmastoa. Luokalla S3 tarkoitetaan tyydyttävää sisäilmastoa ja samalla säädösten edellyttämää vähimmäistasoja. Uudisrakennuksissa pyritään yleensä luokkaan S2. Vanhojen rakennusten suunnittelu vastaa parhaiten luokkaa S3. [10.]

Sisäilmaluokan S2 mukaisessa toteutuksessa otetaan huomioon epäpuhtaudet, hajut, veto, lämpötilat ja ääniolosuhteet. Luokan S1 mukaan mikään edellä mainituista ei saa olla käyttäjälle häiritsevää. Ilmanvaihdon tavoitearvot eri sisäilmaluokille on esitetty kuvassa 7. [10.]

Tila	Lattia-ala m ² /hlö	S1-luokka		S2-luokka		S3-luokka	
		dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²
Toimitila, normaali tilatehokkuus	10–12	16	1,5	11	1,0	6	1,0
Toimitila, suuri tilatehokkuus	6–8	14	2,0	9	1,5	6	1,5
Neuvotteluhuone	3	12	4,0	8	3,5	6	3,0
Taukotila, kahvio	1,5	11	5,0	8	4,0	6	2,0
Hotellihuone		10		8		6	
Opetustila tai muu oleskelutila	2	11	5,5	8	4,0	6	3,0
Luentosali		10		8		6	
Päiväkodin ryhmätilat	3	12	4,0	8	3,0	6	3,0
Käytävä ja porrashuone			1,0		0,5		0,5
Käytävä, aula			1,5		1,0		1,0
Ruokala ja kahvila	2	11	5,5	8	4,0	6	3,0
Kuumennus- ja jakelukeittiö ¹⁾			10		10		5–10
Valmistuskeittiö ¹⁾			15–40		15–40		15–25
Astianpesuhuone ¹⁾			12–20		10–15		10
Liiketila, myymälä ¹⁾		10	1–3	8	1–3	6	1–3
Näyttelytila			3		3		2
Kirjasto			3		2		2
Salit (konsertti-, teatteri-, elokuva-, koulun sali)		10		8		6	
Lämpö			5		5		5
Kuntosali			6		6		6
Liikuntahalli, urheilijat			2,5		2		2
Liikuntahalli, katsojat		10		8		6	
Potilashuone ²⁾		15	3,5	12	3	10	2,5
Varasto, arkisto (poisto)			0,5		0,5		0,35

¹⁾ Prosessin aiheuttama ilmanvaihdon tarve tai yllämmön poistaminen tulee suunnitella tapauskohtaisesti.

²⁾ Sairaalatilojen sisäilmaston suunnittelusta ja ilmavirroista on tietoja raportissa Sairaala ilmanvaihdon suunnitteluohjeita (Ryynänen 2007).

Kuva 7. Taulukko sisäilmaluokkien mitoitusilmamääristä muissa kuin asuinrakennuksissa [10.]

Vuoden 2018 alussa Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D2 kumottiin, ja tilalle tuli ympäristöministeriön asetus 1009/2017 rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Asetuksessa ei määritetä ilmanvaihdon ilmavirtoja, vaan asetuksessa todetaan, että ilmanvaihdon on oltava terveellinen, turvallinen ja viihtyisä oleskelutiloissa. Kun vaadittuja ilmamääriä ei ollut enää olemassa virallisissa asiakirjoissa, laadittiin alan osaajien toimesta Sisäilmasto- ja ilmanvaihto-opas auttamaan suunnittelijoita ja urakoitsijoita. [4.]

Pääsääntöisesti ilmamäärien mitoituksessa saneerattavissa kohteissa sovelletaan Talotekniikkainfo-sivuston ohjeita. Ilmanvaihdon ilmamäärät suunnitellaan kouluissa ja päiväkodeissa kuvan 8 taulukon mukaisesti. [4.]

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta dm ³ /s,hlö	Ulkoilma- virta dm ³ /s,m ²	Poistoilma- virta dm ³ /s,m ²	Muita ohjeita
Koulurakennus	6			Oppilaiden, opettajien ja muun henkilöstön kokonaismäärän perusteella
Opetustilat (luokkahuoneet, pienryhmätilat jne.)	6	3		Taide- ja taitoaineet vähintään 8 dm ³ /s,hlö
Opettajainhuoneet		2		
Käytävät ja aulat		3		
Käytävät ja aulat, jotka on tarkoitettu vain läpikulkuun		1		
Ulkovaahteiden säilytystilat			3	
Sali, liikuntakäyttö		2		Suurimpaan ilmanvaihtoon johtava kriteeri määrää mitoituksen, ilmanvaihdon on oltava ohjattavissa salin käytön mukaan
Sali, juhlasalikäyttö	6			
Liikuntasali / katsomo	6 dm ³ /s,katsomopaikka			Mitoitus ja ilmanvaihdon ohjaus katsojamäärän mukaan
Sali, urheilutapahtumat	15-30	2-4		LVI 06-10600 ¹⁾ ; ohjeavrot lajikohtaisesti, ks. myös taulukko 3.9.1
Luentosali	6 dm ³ /s,paikka			Ilmanvaihdon ohjaus käytön ja tarpeen mukaisesti
Kirjastot, toimistotilat		2		
Ruokailutilat	6	3		Ruokailutilat voivat olla ruokailuajkojen ulkopuolella opetuskäytössä
Päiväkotien toimintatilat (ryhmätilat, lepohuoneet, salit, pienryhmätilat, eteistilat)	6	3		
Päiväkotien henkilökuntatilat		2		
Päiväkodin märkäeteinen			5	
Keittiö	ks. taulukko 3.13.1 Keittiöt ja niiden aputilat			
Hygieniatilat				ks. taulukko 3.14.1 Tiloja, joita on monessa rakennustyyppissä kuten hygieniatilat

Kuva 8. Ilmamäärien mitoitus kouluissa ja päiväkodeissa [4.]

Usein vanhojen ilmanvaihtokoneiden teho ei riitä kasvaneiden ilmavirtojen takia. Tällaisissa tapauksissa joudutaan miettimään, että uusitaanko ilmanvaihtokoneet ja kanavistot kokonaan vai vaihdetaanko vanhaan ilmanvaihtokoneeseen osia sen tehon kasvattamiseksi. Yksi hyväksi koettu vaihtoehto on myös lisätä pienempiä ilmanvaihtokoneita palvelemaan tiettyjä alueita, jolloin vanhalle ilmanvaihtokoneelle ei jää enää niin paljon kuormaa. Yhden tai useamman pienen ilmanvaihtokoneen lisääminen on yleensä huomattavasti kustannustehokkaampaa kuin koko ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen. Toisaalta jos koko ilmanvaihtojärjestelmä uusitaan, on laitteisto jatkossa toimintavarmempi ja energiatehokkaampi.

4.6 Tuloilmaluokat

Pelkää ilmanvaihdon määrä ei tee sisäilmastosta hyvää. Tuloilman mukana voi kulkeutua ulkoilman epäpuhtauksia sisäilmaan. Tästä syystä tuloilman suodattaminen on ensiarvoisen tärkeää. Tuloilma on jaettu viiteen eri luokkaan sen sisältämien epäpuhtauksien perusteella. Puhtain sisäilmaluokka SUP 1 saa sisältää vain $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{2,5}-hiukkasia ja $12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM₁₀-hiukkasia. Kuvan 9 taulukossa on esitetty tuloilmaluokkien raja-arvot. [4.]

Luokka	Kuvaus	Hiukkasmaisten epäpuhtauksien raja-arvot	
		PM2,5	PM10
SUP 1	Tuloilma - erittäin pienet hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	6 µg/m ³	12,5 µg/m ³
SUP 2	Tuloilma - pienet hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	12,5 µg/m ³	25 µg/m ³
SUP 3	Tuloilma - keskimääräiset hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	18 µg/m ³	37,5 µg/m ³
SUP 4	Tuloilma - suuret hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	25 µg/m ³	50 µg/m ³
SUP 5	Tuloilma - erittäin suuret hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	32,5 µg/m ³	75 µg/m ³

Kuva 9. Tuloilmaluokkien raja-arvot [4.]

Jotta kuvan 9 mukaisiin tuloilmaluokkiin päästäisiin, on ilmanvaihtokoneen suodattimet valittava oikein. Talotekniikkainfon taulukossa on esitetty suodatinluokat ulkoilmaluokittain, joilla päästään tavoitteena olevaan tuloilmaluokkaan. Kuvan 10 taulukossa on ilmaistu suositeltavat minimisuodatusluokat eri tuloilmaluokille. [4.]

	Tuloilmaluokka				
Ulkoilmaluokka	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA (P) 1	M5 + F7	F7	F7	F7	
ODA (P) 2	F7 + F7	M5 + F7	F7	F7	*)
ODA (P) 3	F7 + F9 **)	F7 + F7	M6 + F7	F7	*)

Kuva 10. Minimisuodatusluokat ulko- ja tuloilmasuodattimille [4.]

Käyttämällä kuvan 10 taulukkoa saadaan tarvittava suodatinluokka ulko- ja tuloilmasuodattimille valittua helposti. Poistoilmasuodattimena käytetään yleensä luokan F5

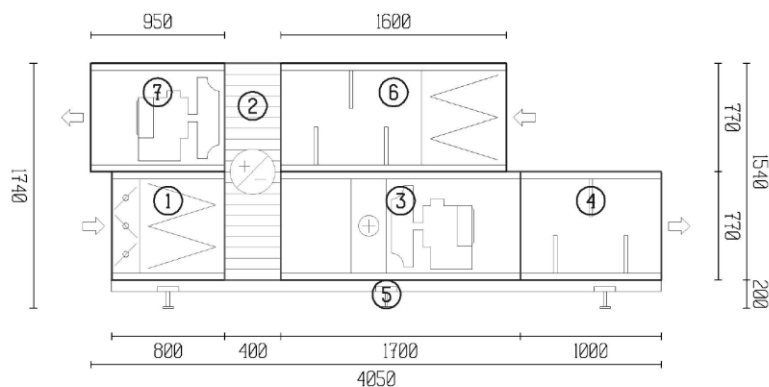
suodatinta. Talotekniikkainfon ohjeessa selostetaan: ”Poistoilman suodatukseen lämmöntalteenotolla varustetussa järjestelmässä tulee käyttää sellaista suodatusta, että tuloilman laadulle asetettu tavoite toteutuu” [4]. Myös poistoilman suodatus on hyvin tärkeää, vaikka tuloilma ja poistoilma eivät pääsisikään sekoittumaan. Huonosti suodatettu poistoilma likaa pölyllä lämmöntalteenottojärjestelmän, jonka jälkeen ilmanvaihtojärjestelmän hyötysuhde laskee radikaalisti.

5 Ilmanvaihtokoneet

5.1 Ilmanvaihtokoneen valinta

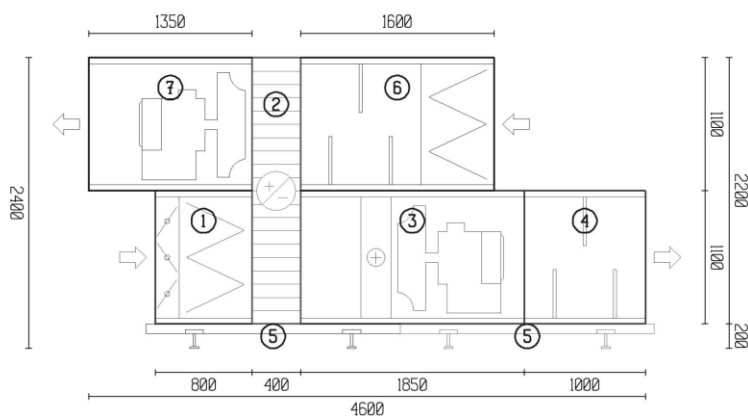
Usein ilmanvaihtosaneerausta tehtäessä uusitaan myös ilmanvaihtokoneet. Ilmanvaihtokoneen uusiminen on kuitenkin usein hankalaa. Haalausreitit uudelle koneelle ovat usein hyvin puutteellisia, tai ne puuttuvat kokonaan. Lisäksi uusien energiamääräysten mukainen ilmanvaihtokone on lähes aina huomattavasti isokokoisempi kuin vanha ilmanvaihtokone, eikä konehuoneisiin ole useinkaan jätetty paljoa ylimääräistä tilaa. Ilmanvaihtokoneen fyysinen koko vaikuttaa suoraan koneen energiatehokkuutta kuvaavaan SFP-arvoon. Kuvissa 11 ja 12 on mitoitettu konevalmistaja Recair-mitoitusohjelmalla kaksi ilmavirroiltaan saman tehoista konetta. Mitoituksista näkee, että mitä pienempi ilmanvaihtokone on, sitä suuremmaksi energiatehokkuutta kuvaava SFP-luku nousee. SFP-luvun nouseminen tarkoittaa energiatehokkuuden huonontumista.

Konetunnus	Koko	qT	qP	LTO-osa			Patterit				Äänet		Moottori		Ominaisähköteho	
				LTO	etaT	etaTs	v	qLP	qJP	qLTO	LWP	LWI	PN	IN	SFPv	SFP
		m ³ /s	m ³ /s		%	%	m/s	l/s	l/s	l/s	dB(A)	dB(A)	kW	A	kW/(m ³ /s)	kW/(m ³ /s)
1: Mallikone	3C	2.50		LR	75.5	75.5	3.44	0.54			63	73	4.00	7.73	1.39	
1: Mallikone	3C		2.50	LR							88	48	4.00	7.73	1.14	2.52
Yhteensä		2.50	2.50										8.00			



Kuva 11. Pienempi konekoko SFP 2,52

Konetunnus	Koko	qT	qP	LTO-osa			Patterit				Äänet		Moottori		Ominaisähköteho	
				LTO	etaT	etaTs	v	qLP	qJP	qLTO	LWP	LWI	PN	IN	SFPv	SFP
		m ³ /s	m ³ /s		%	%	m/s	l/s	l/s	l/s	dB(A)	dB(A)	kW	A	kW/(m ³ /s)	kW/(m ³ /s)
1: Mallikone	4C	2.50		LR	76.4	76.5	2.15	0.52			54	68	3.00	6.49	0.87	
1: Mallikone	4C		2.50	LR							75	46	2.20	4.89	0.67	1.55
Yhteensä		2.50	2.50										5.20			



Kuva 12. Suurempi konekoko SFP 1,55

5.2 LTO-ratkaisut

Pääosin Suomessa käytetään kolmea eri lämmöntalteenottoratkaisua, ja jokaisessa niistä on omat hyvät ja huonot puolensa. Muitakin lämmöntalteenoton tyyppejä on olemassa, mutta niitä käytetään harvemmin. 1.1.2018 voimaan astuneen direktiivin 2009/125 EY toisen vaiheen mukaan lämmöntalteenoton hyötysuhteen muissa kuin asuinrakennuksissa on oltava nestekiertoisissa lämmöntalteenotoissa vähintään 68 % ja muissa lämmöntalteenottolaitteissa vähintään 73 %. [11.]

5.2.1 Pyörivä lämmönsiirrin

Pyörivä lämmönsiirrin perustuu siihen, että kennomainen kiekko pyörii tulo ja poistoilmavirtojen välillä. Poistoilma lämmittää kiekkoa, kun taas tuloilmaan siirtyy kiekkoon varautunutta lämpöenergiaa. Pyörivän lämmönsiirtimen hyötysuhde on erittäin hyvä ja se voi olla jopa yli 85 %. Pyörivän lämmönsiirtimen heikkoutena voidaan pitää sitä, että poistoilmaa sekoittuu hieman tuloilmaan kiekon pyöriessä tuloilman ja poistoilman välillä. Ilmojen sekoittumisen takia Talotekniikkainfon ohjeessa sanotaan seuraavasti: ”Jos lämmöntalteenottolaitteessa voi tapahtua hajujen tai epäpuhauksien siirtymistä puolelta toiselle (esim. yleisimmät regeneratiiviset lämmönsiirtimet), saa poistoilmassa olla enintään 5 % luokan 3 poistoilmaa, ja laitteen sisäiseen tiiviyyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota”. [4.]

5.2.2 Vastavirta- ja ristivirtakennot

Vastavirta ja ristivirtakennojen toiminta perustuu ohuisiin alumiinilamelleihin, joiden eri puolilla tulo- ja poistoilma virtaavat lämmön siirtyessä alumiinilamellien läpi poistoilmasta tuloilmaan. Ristivirtalämmöntalteenottojen hyötysuhde on tavallisesti 55–70 %. Vastavirtalämmöntalteenoton hyötysuhde on tavallisesti 70–80 %. Ristivirtalämmöntalteenotolla on hyvin vaikea saavuttaa direktiivin 2009/125 EY mukaista vaatimusta 68 %:n hyötysuhteesta.

5.2.3 Nestekiertoiset lämmöntalteenotot

Nestekiertoiset lämmöntalteenotot eivät rakenteeltaan poikkea paljoa vastavirta- ja risti-virtakennoista. Suurin ero on se, että lämmöntalteenottokennon lamellien sisällä virtaa neste, joka siirtää lämpöä lämmöntalteenoton patterilta toiselle. Nestekiertoisten lämmöntalteenottojen suurimpia etuja on se, että tulo- ja poistoilma eivät voi sekoittua. Lisäksi ilmanvaihtokoneen tuloilmakone ja poistoilmakone voivat sijaita etäällä toisistaan.

6 Toimintaohjeita ilmanvaihtosaneeraukseen

6.1 Suunnittelun lähtötiedot

Ilmanvaihtojärjestelmän saneerausta suunniteltaessa lähtötiedoiksi olisi hyvä selvittää vanhan ilmanvaihtojärjestelmän kunto ja suunnitelmanmukaisuus. Toisin sanoen selvitetään, vastaako järjestelmä vanhoissa piirustuksissa esitettyä järjestelmää. Koko järjestelmää ei yleensä pääse tutkimaan rakenteita avaamatta, mutta järjestelmää tulisi tutkia ainakin siltä osin kuin se on mahdollista. Järjestelmää tutkittaessa on syytä kiinnittää huomiota asioihin, jotka voivat olla syy tai osasyys sisäilmaongelmaan, esimerkiksi painesuhteet.

Vanhan ilmanvaihtojärjestelmän kunnosta saa hyvän kuvan tutkimalla ilmanvaihtokoneen toimintaa koekäytönomaisesti mittaamalla päätelaitteiden virtaamat, äänitasot ja kanaviston painekokeella.

6.2 Ilmavirrat

Ilmavirtojen mittaus ja säätö tasapainoon on erittäin tärkeää. Sisäilmaongelmakohteissa usein tehtävä rakenteiden tiivistys vaikuttaa myös ilmanvaihtoon. Tiivistetyt yksittäiset huoneet voivat olla lähes täysin ilmatiiviitä, ja tämän vuoksi on hyvä mitata paine-eroa rakennuksen vaipan yli huonekohtaisesti, jotta mikään huone ei jäisi yli- tai alipaineiseksi. Ilmavirtoja olisi hyvä pitää mitoitusarvoissa ilman koneen sammuttamista ainakin yhden vuoden ajan, jotta mahdolliset uusista rakennusaineista irtoavat epäpuhtaudet saataisiin

mahdollisimman hyvin huuhdeltua ilmanvaihdolla pois. Myös ilmavirtojen pienentämistä käyttöajan ulkopuolella tulisi välttää vuoden ajan remontin valmistumisesta. Ilmanvaihtoa mitoittaessa kannattaa huomioida, että asetuksissa ja ohjeissa annetut arvot ovat minimiarvoja. Joskus varsinkin sisäilmaongelmaa korjattaessa ilmamäärien mitoitus minimiarvoja suuremmaksi voi olla hyvä ratkaisu.

6.3 Ilmanjako

Ilmanjako tulisi järjestää niin, että tuloilma jakautuu koko oleskeluvyöhykkeelle. Tämä saavutetaan usein lisäämällä tuloilman päätelaitteita tai valitsemalla päätelaitteet, joissa on oikeanlainen heittokuvio. Päätelaitteita ja niiden sijoittelua mietittäessä tulisi myös ottaa huomioon niiden mahdollisesti aiheuttama vedon tunne. Kouluissa ja päiväkodeissa on suhteellisen pienissä luokkahuoneissa suuri määrä ihmisiä. Tällöin ilmamäärät kasvavat suuriksi, ja ilmanvaihdon toteuttaminen ilman, että tulee vedontunnetta tai ääniongelmia, voi olla hankalaa. Sisäilmaongelma-kohteisiin korjauksen jälkeen palaavat ihmiset kokevat usein pienenkin tunkkaisuuden sisäilmassa sisäilmaongelmaksi, siksi olisi hyvä harkita ilmanvaihdon tehostamista joksikin aikaa saneerauksen jälkeen.

6.4 Ilmanvaihtokoneet

Uudet ilmanvaihtokoneet tulisi valita niin, että niitä voidaan ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 mukaisesti tehostaa 30 %. Lämmöntalteenotossa on huomioitava direktiivin 2009/125 EY mukainen vaatimus lämmöntalteenoton hyötysuhteesta. Vesikiertoisella lämmöntalteenotolla vaatimuksen mukainen hyötysuhde on 68 % ja muilla ratkaisuilla 73 %. [12.]

Vanha ilmanvaihtojärjestelmä saattaa toimia ja olla riittävän energiatehokas, mutta ei ole ilmamääriltään riittävä. Tällöin on kustannustehokkaampaa lisätä uusia pienempiä ilmanvaihtokoneita palvelemaan jotain tiettyä aluetta, jolloin vanhan ilmanvaihtokoneen ilmamäärät saadaan riittämään pienentyneelle palvelualueelle.

Vanhaa ilmanvaihtokonetta voidaan saneerata energiatehokkaammaksi esimerkiksi vaihtamalla vanhat kaksinopeuspuhaltimet uusiin EC-puhaltimiin. Samalla

ilmanvaihtokoneen paineentuottoa voidaan lisätä valitsemalla tehokkaampi puhallin. Vanhan ilmanvaihtokoneen ilmamäärää nostaessa puhaltimia uusimalla täytyy selvittää, riittääkö vanha lämmityspatterin teho nousseelle ilmamäärälle ja sopiiko koneen koko muuten halutulle ilmamäärälle. Lisäksi tulee selvittää puhaltimen mahtuminen ilmanvaihtokoneen kammioon ja se, riittävätkö kanavakoot nousseelle ilmamäärälle.

6.5 Suunnitelmanmukaisuuden tarkistaminen

Kohteen toteutuksen aikana piirretään tarkepiirustuksia sitä mukaan, kuin muutoksia ilmenee. Niin sanotut tarkepiirustukset luovutetaan suunnittelijalle viimeistään työmaan loppuessa. Kaikki suunnitelmapoikkeamat tulee hyväksyttää suunnittelijalla, valvojalla ja tilaajalla. Suuret suunnitelmamuutokset voi suunnittelija voi joutua hyväksyttämään rakennusvalvonnalla RAM-menettelyllä.

6.6 Huollon käytönopastus ja ohjeet

Huollolle annetaan riittävä käytönopastus ja toimitetaan kaikkien käytettyjen materiaalien tiedot ja ohjeet. Huollolle laaditaan ohje huoltokohteista ja -väleistä. Ohjeesta tulee ilmetä esimerkiksi suodattimien vaihtoväli, päätelaitteiden ja kanaviston puhdistusväli ja antaa toimintaohjeet, mikäli esimerkiksi ilmanvaihtokoneen jäätymissuoja laukeaa. Huollolle toimitetaan kohteen pohjapiirustukset, joihin on selkeästi merkattu palopeltien paikat ja annetaan ohjeistus palopeltien koestamiseen. Suodattimien vaihtoväli tulee olla ohjeessa enintään puoli vuotta. Myös huolellinen tilojen siivous vaikuttaa ilmanvaihtokanaviston puhtauteen, ja näin ollen sekin olisi hyvä mainita ohjeessa.

6.7 Puhtaus

Asennustöitä tehtäessä tulee kiinnittää erityistä huomiota puhtauteen, pölyä tai muita epäpuhtauksia ei saa päästä asennettaviin kanavistoihin. Kaikki väliaikaisetkin tulppaukset kanaviin tehdään peltisillä tulpilla. Muovin ja teipin käyttö on kielletty. Tämän lisäksi on myös varottava, että sisäilmaongelman aiheuttavaa epäpuhtautta ei missään

nimessä pääse kanavistoihin. Mikäli vanhoja ilmanvaihtokanavistoja säilytetään, tulee ne puhdistaa nuohoamalla ja tarvittaessa desinfioimalla.

7 Työskentely sisäilmakohteissa

Sisäilmaongelmakohteessa työskennellessä tulee ottaa huomioon, että sisäilmaongelma saattaa altistaa myös korjausta tekevän henkilöstön. Ennen työmaalle saapumista on selvítettävä, tarvitseeko työmaalla käyttää erityisiä suojavälineitä, esimerkiksi hengityssuojainta. Ennen korjaustöiden aloitusta tehdään lähes aina tutkimuksia, joissa selvitetään sisäilmaongelman syyt ja laajuus. Näitä tutkimuksia tulee käyttää perusteena sille, minkälaisia suojavarusteita työmaalla vaaditaan.

8 Tarkasteltavissa kohteissa huomatu ilmanvaihto ongelmat

Opinnäytetyötä varten tarkastelluissa kohteissa oli ennen saneerausta huomattavia ilmanvaihto-ongelmia. Rakennukset olivat usein suuresti yli- tai alipaineisia. Yli- tai alipaineisuus johtui monessa kohteessa esimerkiksi vuotavista kanavista tai ilmanvaihdon säädön ongelmista. Kahdessa kohteessa ilmamääräsäätimet olivat menneet epäkuntoon ja aiheuttivat epätasapainon rakennuksen ulkovaipan yli. Lähes kaikissa opinnäytetyötä varten tarkastelluissa kohteissa ilmeni vikaa ilmanvaihdossa.

9 Tarkasteltujen sisäilmakorjauskohteiden onnistuminen

Tarkasteltujen kohteiden onnistumista tarkasteltiin tarkistuskäynneillä ja mittauksilla kohteen valmistumisen jälkeen. Kohteiden sisäilmakorjaus onnistui pääosin erittäin hyvin. Osaan kohteista asennettiin mittausjärjestelmiä, jotka mittaavat painesuhteita, VOC-hiukkasten määrää, kosteutta ja hiilidioksiditasoja. Etäluettavilla mittausjärjestelmillä saatiin hyvä kuva sisäilmakorjauksen ja ilmanvaihtosaneerauksen onnistumisesta.

10 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvata ilmanvaihtosaneerausta ja sen erityispiirteitä, sekä laatia lyhyt ohje ilmanvaihtosaneeraukseen. Ohjeessa oli tarkoitus kertoa, mitä toimenpiteitä tulee sisäilmaongelmaisen rakennuksen ilmanvaihdon saneerauksessa ottaa huomioon. Ohjetta on tarkoitus käyttää apuna LVI-E. Uusimaa Oy:n toiminnassa.

Ohjeessa kerrotaan asioita, joita tulee ottaa huomioon, mutta ei lähdetä yksityiskohtaisesti kertomaan, miten ilmanvaihtosaneerausta tehdään. Ohjeen tekeminen tarkkoja työvaiheohjeita sisältäväksi ei olisi mielekäästä, koska niin sisäilmaongelmia kuin ilmanvaihdon laitteistojakin on hyvin monenlaisia. Ohje palvelee tarkoitustaan paremmin yleisellä tasolla kerrottuna kuin tarkkoina työohjeina. Tällaisessa muodossa ohje on toimiva lähes kaikissa sisäilmaongelmallisten rakennusten ilmanvaihtosaneerauksissa ja on tilaajan tavoitteiden mukainen.

Lähteet

- 1 Salmela Anniina, Tähtinen Katja, Hartikainen Tarja, Pekkanen Juha, Lampi Jussi, Jalkanen Kaisa, Niemi Jussi, Lappalainen Sanna, Lahtinen Marjaana, Sainio Markku, Manninen Titta, Wallenius Kaisa, Salmi Kari, Reijula Kari, Lindqvist Hanne, Hyvärinen Anne. 2019. Sisäilma ja terveys: kehitys, nykytilanne, seuranta ja vertailu eri maiden sekä julkisen ja yksityisen sektorin välillä. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja. Verkkoaineisto. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161843/59_19_Sis%c3%a4ilma%20ja%20terveys_netti.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Luettu 17.3.2020.
- 2 Ilves Vesa, Länsikallio Riina, Putus Tuula. 2017. Koulutus-, kasvatusta- ja tutkimusalan Sisäilmatutkimus 2017. Verkkoaineisto. Turun yliopisto ja opetusalan ammattijärjestö. Verkkojulkaisu. < <https://www.oaj.fi/cs/oaj/Sisailmatutkimus%202017>>. Luettu 17.2.2020
- 3 Sisäilmaongelmien ratkaiseminen. Verkkoaineisto. Hometalkoot.fi. < <https://hometalkoot.fi/file/15922.pdf>>. Luettu 25.4.2020
- 4 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. 2018 Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. < <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>>. Luettu 10.3.2020
- 5 Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate. 2008. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys ry. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Kosteusvaurioitumisen-yleisperiaate>. Luettu 8.4.2020
- 6 Kosteuden siirtyminen. 2008. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys ry. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>. Luettu 8.4.2020
- 7 Rakenteiden kosteustekninen käyttäytyminen. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. < <https://www.ym.fi/download/noname/%7B43C6031D-0236-41B1-9D8E-5640E6AB4F9D%7D/111281>>. Luettu 25.4.2020
- 8 Sisäilma-asiat & sisäilmaongelmat. Verkkoaineisto. Hengitysliitto. < <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat>> Luettu 1.3.2020
- 9 Ympäristöministeriön asetus 4/13. Rakennuksen energiantehokkuuden parantamisesta korjaus ja muutostöissä. 2012.
- 10 Sisäilmastoluokitus 2018. RT-kortti RT 07-11299. Rakennustieto Oy

- 11 Ekosuunnitteludirektiivi tiukentaa vaatimuksia 1.1.2018. 2017. Verkkoaineisto. Energent Oy. <<https://www.energent.fi/ilmanvaihdon-asiantuntijoilta/ekosuunnitteludirektiivi-tiukentaa-vaatimuksia-1-1-2018/>>. Luettu 30.3.2020.
- 12 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaih-
dosta. 1009/2017. Ympäristöministeriö